

# **Prove di tenuta e di qualifica di grossi serbatoi nel settore navale (tank di contenimento di Metano o Propano liquidi)**

Alberto Monici

*ETS Sistemi Industriali Srl*

## **Sommario**

Le prove non distruttive nel settore navale sia in fase di costruzione che di manutenzione, ricoprono un ruolo fondamentale sia per gli aspetti funzionali che per il rilascio delle necessarie autorizzazioni al carico. Le prove tradizionali (UT-Raggi X- Liquidi penetranti) hanno un larghissimo impiego nel piano di controllo. A queste si affiancano le prove di tenuta tradizionali, spesso per caduta di pressione d'aria. Le tecnologie costruttive moderne, l'utilizzo di materiali e specifiche particolari, nuovi codici relativi alle emissioni in atmosfera e alla sicurezza dell'impianto, hanno fatto sì che anche le prove di tenuta con gas tracciante abbiano fatto il loro ingresso nella certificazione del sistema di contenimento delle navi metaniere e gasiere in genere. La durata dei test, la conformazione delle cisterne e le dimensioni ed i tempi di collaudo in gioco non permettono la costruzione di un singolo impianto di collaudo da produrre in serie per tutte le tipologie di navi. Lo stesso servizio di ricerca perdite deve essere realizzato tramite la gestione di un vero e proprio cantiere di collaudo con personale di forte esperienza sul campo e strumentazione sensibile e robusta al contempo. Ad oggi è possibile individuare in una cisterna di 30.000 metri cubi una difettosità passante con diametro inferiore a 10 micron. In questa presentazione viene data una breve descrizione delle esperienze fatte.

*Alberto Monici*

*ETS Sistemi Industriali Srl*

*Via Mauro Macchi 72*

*20124 Milano*

*e.mail: a.monici@etsstemi.it*

## **Introduzione**

Il settore delle costruzioni navali è uno dei maggiori utilizzatori delle Prove Non Distruttive e sicuramente l'impatto delle varie fasi di test sul costo complessivo è rilevante. Molti cantieri navali ed armatori hanno proprie strutture di controllo qualità e molte Società dedite alle prove non distruttive tradizionali operano sia nei cantieri di costruzione e riparazione che nei porti. Prove quali Raggi X e Liquidi penetranti hanno un larghissimo impiego nelle verifiche di saldatura. Le prove di tenuta tradizionali quali quelle per caduta di pressione sono anch'esse ampiamente usate. Soprattutto nel settore del trasporto di gas liquefatti (es. propano o metano) o di prodotti chimici (es. l'ammoniaca), particolare attenzione viene prestata al sistema di contenimento del carico. I motivi sono sia economici, per limitare la perdita di prodotto trasportato, sia ambientali, derivanti dal protocollo di Kyoto e dalle direttive comunitarie.

I costruttori e riparatori navali sono stati pertanto costretti dal progresso tecnologico e normativo all'utilizzo di tecnologie, materiali e specifiche adeguate. Questo ha permesso anche alle prove di tenuta con gas tracciante di fare il loro ingresso nella certificazione del sistema di contenimento delle navi metaniere e gasiere in genere. Le problematiche che si incontrano in questi casi sono legate alle dimensioni enormi e conformazione delle

cisterne, ai tempi di collaudo, vincolati al piano di avanzamento della costruzione o al piano di carico della nave in riparazione.

Un vero e proprio cantiere di collaudo deve essere attivato ogni qualvolta si deve eseguire un tale tipo di test. Viene data di seguito una breve descrizione delle esperienze fatte e dei risultati finora ottenuti, conformi alle specifiche del progettista del sistema di contenimento ed a volte superiori in fase di riparazione, in quanto spesso durante la costruzione della cisterna non era stato previsto il test ad elio.

### **La ricerca di una cricca passante nella saldatura di una cisterna**

Una nave, specie se da carico, è un mondo a se, in cui tutto viene controllato e verificato sia prima dell'installazione a bordo che durante il funzionamento. Il sistema di controllo del carico, non solo presiede alle operazioni di carico e scarico in condizioni di sicurezza ma con i monitoraggi delle cisterne durante la navigazione è in grado di definire la funzionalità dei singoli gruppi e delle singole cisterne. Sensori di pressione e temperatura distribuiti lungo le paratie, all'interno del doppio fondo e nel sistema di contenimento carico, permettono di avere in tempo reale e di registrare i valori dei singoli parametri.

Da una analisi a posteriori di tali valori e dei loro andamenti nel tempo si è in grado di comprendere se una data cisterna ha problemi di perdite.

Tipicamente quando il nostro team viene coinvolto, il cliente sa già di avere il problema, spesso ha fatto le proprie congetture per capire da dove può essere nato e come poter intervenire, ma non ha i mezzi per individuarlo su una cisterna di dimensioni che possono andare tipicamente da circa 15.000 30.000 metri cubi. Il problema successivo è che il mancato carico su una cisterna vuol dire spesso ridurre del 25% il trasporto possibile, mantenendo peraltro costanti i costi. In termini di tempo questo vuol dire che l'armatore ha pochi giorni per individuare il problema e quindi necessita di una struttura agile che riesca in poco tempo a definire nella maniera più precisa possibile ove esiste la perdita.

La tecnica da noi adottata è la tecnica a sniffer con gestione di una "ragnatela" di annusatori tramite computer. Una opportuna taratura del sistema permette di calibrare i tempi di risposta e i valori in base alla soglia definita.

Il posizionamento dei sensori dipende dalla tecnologia con cui è stata costruita la cisterna. Se la cisterna è un serbatoio bilobato (tipicamente usato per il trasporto di GPL o prodotti chimici) viene pressurizzato il doppio fondo della nave, diviso in compartimenti stagni con coibentazione, e la distribuzione dei sensori avviene sul lato interno della cisterna. In altri casi la pressurizzazione avviene all'interno della cisterna e i sensori vengono distribuiti sulle paratie di contenimento coibentate.

I valori di pressione vengono concordati con il cliente in base alle specifiche di progetto del serbatoio ed alla "sensibilità" che il cliente ha del fenomeno di perdita registrato: se ritiene che dai suoi rilievi preliminari la perdita è elevata, occorre pressurizzare pochissimo, per evitare inquinamento dei sensori e elevata zona di circoscrizione della possibile perdita. A volte la perdita si manifesta in condizioni particolari, e quindi vengono sviluppate procedure per poter, in collaborazione con il cliente, portare la cisterna il più vicino alle condizioni in cui essa si presenta, nel rispetto della sicurezza degli operatori e della attendibilità della prova.

Una volta posizionati i sensori, calibrato il sistema ed eseguita la mappatura dei punti di analisi, la fase di pressurizzazione avviene lentamente ed il computer registra ciclicamente i valori di segnale di elio dei singoli sensori.

In Figura 1 viene riportato il valore di segnale di ciascuno dei 40 punti all'inizio della pressurizzazione, mentre in Figura 2 è riportato il 15° ciclo di misura. Si deduce che la zona di perdita è nella zona dei sensori 26-27-28.

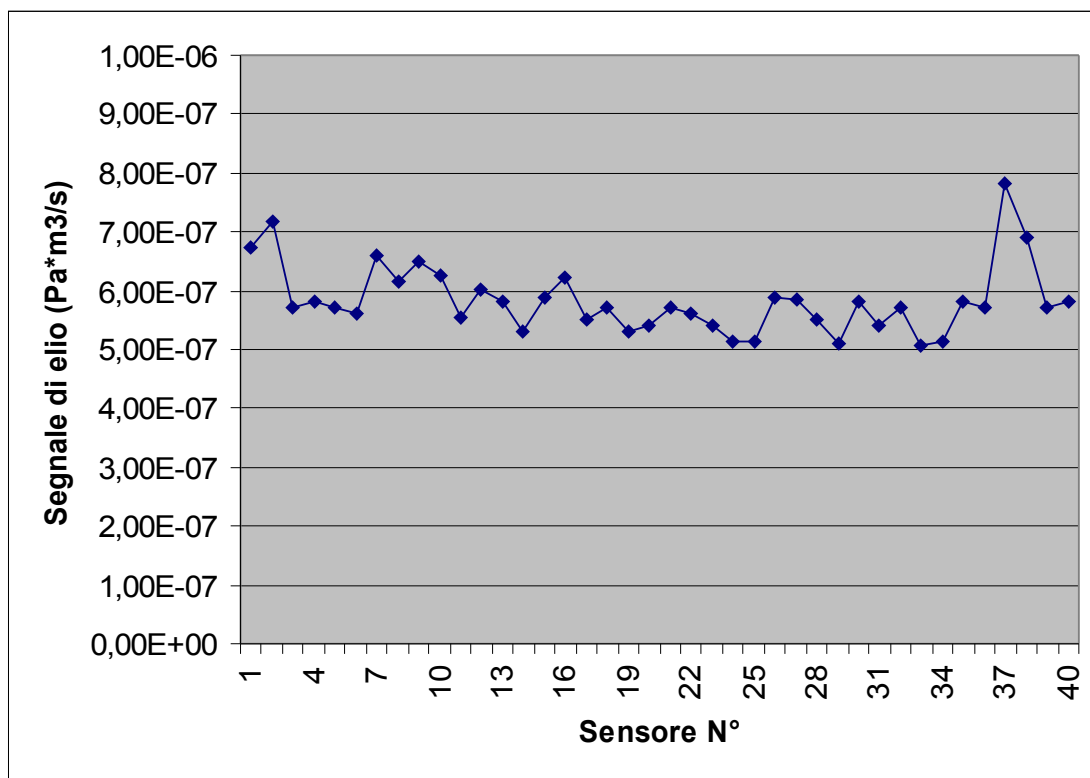


Figura 1 – Segnale di fondo di elio per ciascun sensore prima della pressurizzazione

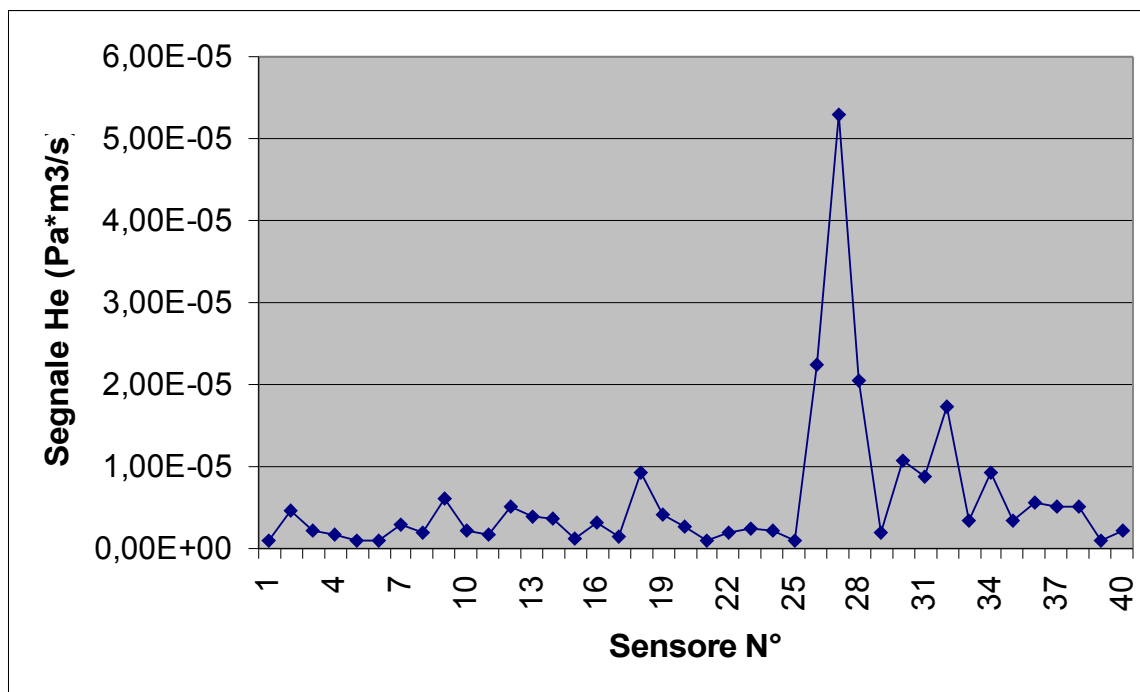


Figura 2 - 15° ciclo di misura, in cui è chiara la zona ove il segnale di elio è incrementato

In particolare, analizzando il segnale che genera il picco in Figura 2, si ha la sensibilità circa la potenza dello strumento da noi sviluppato: già al 5° ciclo si aveva la sensazione

che tale zona era quella interessata dalla perdita, come si evince analizzando il grafico di figura 3

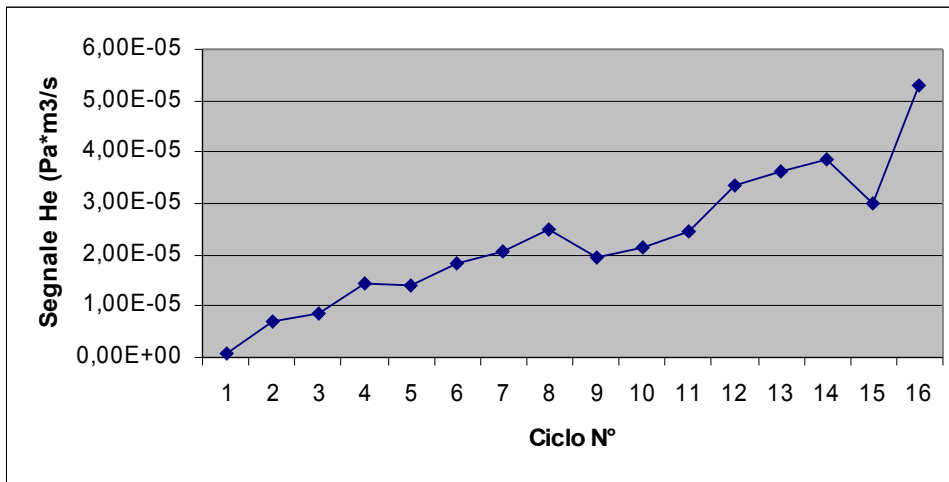


Figura 3 – Andamento nel tempo del segnale di elio nella zona interessata alla perdita

### La verifica globale di perdita di una cisterna

Il classico metodo di prova per caduta di pressione, adottato soprattutto nei grandi sistemi di contenimento, viene usato spesso anche nel settore navale. Sia le tubazioni che le cisterne vengono pressurizzate e viene rilevata la caduta di pressione in un determinato tempo. Spesso durante tale test si associano anche i Liquidi Penetranti o il metodo con Vacuum Box per consentire la individuazione di cricche passanti lungo le saldature. Tutto questo va bene in situazioni di valori di scarto elevati, in cui effetti atmosferici (pressione e temperatura ambiente) influiscono il valore di perdita in modo marginale.

Diversa è la situazione in cui occorre certificare un serbatoio il cui valore di perdita ammissibile per caduta di pressione è di una decina di mBar con valore massimo di pressurizzazione di 200-300 mBar relativi! In questo caso anche il cambiamento della pressione atmosferica di soli 5-10 mBar è causa di annullamento della sessione di prova, così come il transiente termico delle paratie della nave o del serbatoio esposti sono fortemente influenzati dalla temperatura esterna, e d'altronde le dimensioni sono tali da non poter certo mettere una cisterna in un laboratorio!

Lo strumento sviluppato, approvato dagli Enti di Classifica Navale e basato sul metodo per caduta di pressione, ha permesso di poter risolvere il problema, integrando anche il metodo con gas tracciante. Se la pressurizzazione avviene con una miscela con gas tracciante elio, nei punti raggiungibili e critici (flange, passi d'uomo, sfiati, etc.) è possibile eseguire il test con il metodo a sniffer, evitando in questo modo l'annullamento del test globale di caduta per errori di montaggio o per una flangia stretta male.

Intanto il test globale per caduta di pressione può avere inizio.

Viste le dimensioni in gioco, la variazione di pressione interna dovuta alle variazioni termiche è enorme e dipende anche da come è orientata la nave, dallo spessore delle paratie, dalla situazione microclimatica del doppio fondo, dalla posizione della cisterna rispetto alle altre, dai volumi in gioco, etc.. Un modello matematico è stato sviluppato ma è poco applicabile in una situazione di collaudo a bordo. Meglio allora verificare nel tempo le condizioni del serbatoio e dell'ambiente che lo circonda, ricercando un periodo di tempo

NOME COLLAUDO:  LETTURE

OGGETTO IN COLLAUDO:

	INIZIALE	MINIMO	MASSIMO	ATTUALE
<input type="checkbox"/> Temperatura ambiente (°C):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Pressione ambiente (mBar):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Pressione differenziale (mBar):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Pressione riferimento (mBar):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Temperatura riferimento (°C):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Temperatura interna 1 (°C):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Temperatura interna 2 (°C):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Temperatura interna 3 (°C):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

— Temperatura ambiente  
— Pressione differenziale / 10

in cui, con condizioni di pressione e temperature stabili, la caduta di pressione è ben evidente. Da tale risultato si può determinare la perdita oraria e stabilire la bontà della cisterna. In Figura 4 è riportato un form relativo alla acquisizione dei valori di pressione e temperatura. Un grafico permette anche di avere immediatamente la sensazione di come si stia comportando la cisterna. Le tre temperature T1, T2, T3 si riferiscono a tre diverse sonde poste rispettivamente in coperta, a metà altezza della cisterna e sul fondo della stessa.

Figura 4 – Form di acquisizione dati per caduta di pressione

In Figura 5 sono riportati gli andamenti nel tempo dei valori misurati in un caso particolare. Si nota come, avendo una temperatura ambiente intorno ai 16-18 °C e la pressione esterna è sempre stata a 1001 mBar (non riportata nel grafico per comodità), la “risposta” in termini di variazione della pressione differenziale alla variazione termica media all’interno della cisterna avviene dopo circa 3 ore (per questo serbatoio particolare). In questo caso nulla si può dire relativamente al grado di tenuta del serbatoio. Quello che avviene in pratica è l’attesa di almeno 48 ore di pressurizzazione in cui gli andamenti delle temperature e delle pressioni sono monitorate. Tenuto conto delle risposte termiche, la differenza della differenza di pressione misurata in due tempi che presentano pari condizioni ambientali, fornisce il valore di perdita per caduta di pressione.

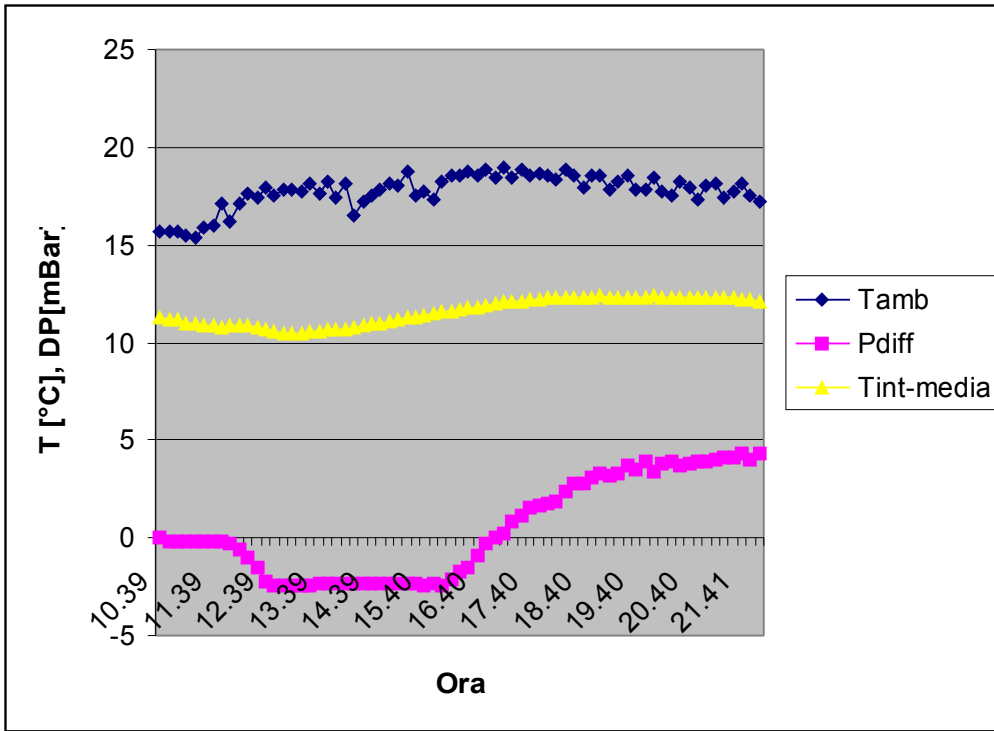


Figura 5 – Grafico della pressione differenziale e delle temperature in un serbatoio in test